

مطالعه کانی‌شناسی و ژئوشیمی کانسنگ و سنگ میزبان کانسار منگنز رباط کریم، جنوب باختر تهران

سید جواد مقدسی^۱ و یلدا نگهبان^۱

^۱ گروه زمین‌شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۱۰/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۰۷/۱۳

چکیده

کانسار منگنز رباط کریم در ۷ کیلومتری شمال باختر شهرستان رباط کریم (جنوب باختر تهران) و در حاشیه شمال خاوری کمربند آتشفشانی ارومیه- دختر قرار گرفته است. از نظر زمین‌شناسی ناحیه‌ای، این منطقه در مجموعه آتشفشانی ائوسن شمال ساوه، با ترکیب سنگ‌شناسی ریولیت، تراکیت، آندزیت و بازالت قرار گرفته است. کانی‌سازی به شکل رگه‌ای و درون گسل‌ها، درزه‌ها و شکستگی‌های سنگ‌های آتشفشانی صورت گرفته است. بر اساس مطالعات کانی‌شناسی، این رگه‌ها از کانی‌های پیرولولزیت، پسیلوملان، رامزدلیت و هلندیت به همراه کانی‌های کلسیت و کوارتز تشکیل شده است. در هم‌رشدی اکسیدهای منگنز با کانی‌های کوارتز و کلسیت و وجود بافت‌های متنوع پرشدگی فضای باز حاکی از فعالیت سیال گرمایی از نوع اپی‌ترمال است. ژئوشیمی عناصر اصلی و جزئی نمونه‌های کانسنگ منگنز رباط کریم، بی‌هنجاری منفی عنصر سریم و همچنین تشابه الگوی بهنجار شده عناصر خاکی کمیاب کانسنگ منگنز رباط کریم با سنگ‌های میزبان آتشفشانی و دیگر کانسارهای گرمایی منگنز جهان نشان‌دهنده منشأ اپی‌ترمال این کانسار است. آب‌های جوی و یا ماگمایی می‌توانند منشأ سیال سازنده کانسنگ‌های منطقه باشند که ضمن چرخش در سنگ‌های آتشفشانی ائوسن، منگنز و دیگر فلزها را رشته و حین بالا آمدن از مسیرهای مناسب مانند گسل‌ها و شکستگی‌های عمده، کانی‌سازی کرده‌اند. فشار زیاد سیال کانی‌ساز موجب شده است که در برخی مناطق سنگ‌های تراکیتی به سنگ‌های شبه‌برشی تبدیل شوند.

کلید واژه‌ها: کانی‌شناسی، ژئوشیمی، عناصر خاکی کمیاب، منگنز، رباط کریم.

***نویسنده مسئول:** سید جواد مقدسی

E-mail: sjmoghad@pnu.ac.ir

۱- مقدمه

و تشکیل ماده معدنی در دو مرحله رخ داده است. در مرحله نخست، کانه‌زایی در واحد آذرآواری تراکیتی و ایگنمبریتی صورت گرفته و اکسیدهای منگنز به صورت سیمان بین قطعات برشی و یا رگه - رگچه‌های کوچک و بزرگ با بافت توده‌ای، گل‌کلی و پراکنده تشکیل شده است. وی این بخش از کانسار را به عنوان یک افق معدنی چینه‌کران با منشأ آتشفشانی- رسوبی معرفی کرده است. مرحله دوم کانه‌زایی که از نظر اقتصادی دارای اهمیت است شامل رگه‌های پریکار ماده معدنی است که با داشتن ویژگی‌هایی مانند کنترل ساختاری و محدود بودن در لایه‌های چینه‌شناسی خاص، مشخص شده و می‌تواند یک کانسار رگه‌ای دیرزاد به شمار آید. سیال‌های گرمایی مسئول کانه‌زایی منگنز در هر دو مرحله شناخته شده‌اند.

در این مقاله ضمن مطالعه کانه‌نگاری و ژئوشیمی عناصر اصلی و جزئی سنگ میزبان و کانسنگ منگنز رباط کریم، ژئوشیمی عناصر خاکی کمیاب نیز بررسی و درباره نحوه تشکیل کانسار بحث می‌شود.

۲- مطالعات صحرایی

با توجه به مطالعات صحرایی، واحدهای سنگی منطقه معدنی منگنز رباط کریم متنوع هستند و از مهم‌ترین آنها می‌توان به واحدهای سنگی بازالت، آندزیت بازالت، آندزیت، تراکیت، سنگ‌های شبه‌برشی و ایگنمبریتی‌های ریولیتی (شکل ۲) اشاره کرد (امیری، ۱۳۷۴). در بین این واحدهای سنگی، سنگ‌های شبه‌برشی دارای بیشترین مقدار منگنز هستند. این واحد سنگی از قطعات تراکیت و ایگنمبریتی تراکیتی ساخته شده که در اثر فشار سیال گرمایی حاوی منگنز به سنگ‌های شبه‌برشی تبدیل شده و اکسیدهای منگنز به صورت سیمانی قطعات برشی را در بر گرفته است (شکل ۳- A). گدازه‌های ایگنمبریتی جوان‌ترین و گسترده‌ترین واحد آتشفشانی موجود در منطقه است و در نمونه دستی این سنگ‌ها، زبانه‌هایی از کوارتز و اکسیدهای منگنز که به صورت ثانویه در این سنگ‌ها تشکیل شده‌اند، مشاهده می‌شود (شکل ۳- B).

کانسار منگنز رباط کریم در جنوب باختر تهران و شمال باختر شهرستان رباط کریم قرار دارد (شکل ۱) و در خاور نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ ساوه، بین طول جغرافیایی ۵۱°۵' و ۵۱°۳۵' و عرض جغرافیایی ۳۵°۲۶' و ۳۵°۳۳' واقع شده است (شکل ۲). این منطقه، بخشی از پهنه ایران مرکزی بوده و در حاشیه شمال خاوری کمربند آتشفشانی ارومیه- دختر قرار دارد. از نظر زمین‌شناسی ناحیه‌ای، این منطقه در مجموعه آتشفشانی شمال ساوه قرار گرفته است (آرین، ۱۳۷۰). مطالعات صحرایی و سنگ‌شناسی نشان می‌دهد که ترکیب سنگ‌شناسی این مجموعه آتشفشانی محدوده‌ای از سنگ‌های ریولیت، تراکیت، آندزیت و بازالت را در بر می‌گیرد. کانی‌سازی منگنز در منطقه رباط کریم عموماً به صورت رگه‌های دیرزاد (اپی‌ژنتیک) رخ داده است. امیری و شفیع بافتی (۱۳۷۹) نشان دادند که سبترترین و اقتصادی‌ترین رگه‌های منگنزدار، منطبق بر گسل‌های کششی منطقه بوده و رگه‌های دیگر نیز بر گسل‌های حاصل از سامانه برشی راست گرد عمومی منطقه منطبق هستند.

مطالعات زمین‌شناختی انجام شده بر روی کانسار منگنز رباط کریم، برخی ویژگی‌های این کانسار را مشخص کرده است. روان‌بد (۱۳۶۶) ضمن بررسی ژئوشیمی این کانسار، منشأ آن را آتشفشان‌زاد- رسوبی معرفی کرده است. وی معتقد است که اکسیدهای منگنز به صورت اولیه و انتشاری در آندزیت‌ها متمرکز شده و سپس با تشکیل محلول‌های کلوییدی ضمن گذر از شکستگی‌ها و پرکردن فضاها، خالی، رگه‌های سرشار از اکسیدهای منگنز را به صورت ثانویه ساخته‌اند. وی همچنین نقش عواملی مانند زمین‌ساخت را در تجمع مواد معدنی، مؤثر دانسته است. آرین (۱۳۷۰) نشان داد که فعالیت‌های آتشفشانی منطقه معدنی منگنز رباط کریم، در محیط خشکی صورت گرفته است و ماگمای سازنده سنگ‌های منطقه از سری ماگماهای پرتاسیم‌قلیایی و شوشونیتی است. وی ماگماتیسیم رخ داده در منطقه مورد مطالعه را ناشی از فروارانش پوسته اقیانوسی تیس به زیر پوسته قاره‌ای ایران می‌داند. مطالعات امیری (۱۳۷۴) نشان می‌دهد که کانه‌زایی در این کانسار با واحدهای آذرآواری حد واسط تراکیتی و ایگنمبریتی در ارتباط است

۳- روش مطالعه

به منظور انجام مطالعات سنگ شناسی و بررسی ویژگی‌های ژئوشیمیایی سنگ‌های آتشفشانی محدوده معدن منگنز رباط کریم، ۳۰ نمونه از واحدهای سنگی منطقه مورد مطالعه، به روش نمونه‌برداری چکشی برداشت شد. واحدهای آتشفشانی و آذرآواری بیشترین واحدهای سنگی منطقه مورد مطالعه را به خود اختصاص داده‌اند. بر این اساس، مطالعات سنگ‌نگاری (مقاطع نازک) بر روی ۲۰ نمونه از سنگ‌های تراکیت، هورنبلند آندزیت، آندزیت، آندزیت بازالت، تراکی آندزیت بازالت، بازالت، توف‌های تراکیتی، لایت آندزیتی و سنگ‌های شبه‌برشی انجام شد. همچنین به منظور مطالعه ژئوشیمی سنگ‌های میزبان و ارتباط آنها با کانه‌زایی، ۶ نمونه از سنگ‌های تراکیت، آندزیت، آندزیت بازالت، بازالت و سنگ‌های شبه‌برشی (۲ نمونه) منطقه مورد مطالعه تجزیه شیمیایی شد. برای مطالعه کانی‌شناسی و کانه‌نگاری کانسنگ منگنز، ضمن تهیه و مطالعه ۱۸ مقطع صیقلی، از روش پراش پرتو ایکس نیز استفاده شد. ۶ نمونه از کانسنگ‌های منگنز معدن رباط کریم نیز برای تجزیه شیمیایی انتخاب و تا حد امکان سعی شد نمونه‌ها فاقد کانی‌های باطله کوارتز و کلسیت باشند.

نمونه‌های انتخاب شده از سنگ میزبان و کانسنگ، ابتدا توسط سنگ شکن فکی خرد شده و سپس توسط آسیاب دیسکی از نوع آگات پودر شد. همه نمونه‌ها برای عناصر اصلی، ناچیز و خاکی کمیاب تجزیه شدند. نمونه‌ها به روش ذوب (فیوژن)، توسط لیتیم متابورات به طور کامل حل شدند. عناصر اصلی و اکسیدهای باریم، استرانسیم و کروم به روش ICP-AES اندازه‌گیری شدند و دیگر عناصر ناچیز و عناصر خاکی کمیاب به روش ICP-MS در آزمایشگاه ALS کشور کانادا تجزیه شدند. نتایج تجزیه شیمیایی سنگ‌ها و کانسنگ‌های منطقه مورد مطالعه، در جدول ۱ ارائه شده است. با استفاده از داده‌های به دست آمده و نرم‌افزارهای رایانه‌ای، نمودارهای ژئوشیمیایی مختلف رسم و تحلیل شد.

۴- مطالعات سنگ‌شناسی

مطالعات صحرایی و سنگ‌نگاری انجام شده بر روی واحدهای سنگی منطقه مورد مطالعه، نشان می‌دهد که واحدهای آتشفشانی و آذرآواری از گسترش قابل توجهی برخوردار بوده و شامل تراکیت، هورنبلند آندزیت، آندزیت، آندزیت بازالت، تراکی آندزیت بازالت، بازالت، توف‌های تراکیتی، لایت آندزیت و سنگ‌های شبه‌برشی هستند. کانی‌های پلاژیوکلاز (شکل ۳-۱)، فلدسپارهای قلیایی دما بالا (سانیدین) (شکل ۳-۲)، کلینوپیروکسن (شکل ۳-۳) و الیون (شکل ۳-۴) مهم‌ترین کانی‌های سازنده این سنگ‌ها هستند. بافت واحدهای سنگی بیان شده نیز بیشتر پورفیری با خمیره‌ای از میکروولیت‌های پلاژیوکلاز و یا شیشه است. پلاژیوکلازها در سنگ‌های منطقه، گسترش فراوانی دارند و در دو فاز متفاوت، متبلور شده‌اند، به گونه‌ای که هم به شکل درشت بلور و هم به شکل میکروولیت (در خمیره سنگ) ظاهر می‌شوند. اکسیدهای منگنز و آهن، همچنین کانی‌های کوارتز و کلسیت از جمله کانی‌های ثانویه‌ای هستند که به فراوانی در زمینه سنگ‌های آتشفشانی مشاهده می‌شوند (شکل‌های ۳-۵، ۳-۶، ۳-۷، ۳-۸، ۳-۹، ۳-۱۰، ۳-۱۱، ۳-۱۲، ۳-۱۳، ۳-۱۴، ۳-۱۵، ۳-۱۶، ۳-۱۷، ۳-۱۸، ۳-۱۹، ۳-۲۰، ۳-۲۱، ۳-۲۲، ۳-۲۳، ۳-۲۴، ۳-۲۵، ۳-۲۶، ۳-۲۷، ۳-۲۸، ۳-۲۹، ۳-۳۰، ۳-۳۱، ۳-۳۲، ۳-۳۳، ۳-۳۴، ۳-۳۵، ۳-۳۶، ۳-۳۷، ۳-۳۸، ۳-۳۹، ۳-۴۰، ۳-۴۱، ۳-۴۲، ۳-۴۳، ۳-۴۴، ۳-۴۵، ۳-۴۶، ۳-۴۷، ۳-۴۸، ۳-۴۹، ۳-۵۰، ۳-۵۱، ۳-۵۲، ۳-۵۳، ۳-۵۴، ۳-۵۵، ۳-۵۶، ۳-۵۷، ۳-۵۸، ۳-۵۹، ۳-۶۰، ۳-۶۱، ۳-۶۲، ۳-۶۳، ۳-۶۴، ۳-۶۵، ۳-۶۶، ۳-۶۷، ۳-۶۸، ۳-۶۹، ۳-۷۰، ۳-۷۱، ۳-۷۲، ۳-۷۳، ۳-۷۴، ۳-۷۵، ۳-۷۶، ۳-۷۷، ۳-۷۸، ۳-۷۹، ۳-۸۰، ۳-۸۱، ۳-۸۲، ۳-۸۳، ۳-۸۴، ۳-۸۵، ۳-۸۶، ۳-۸۷، ۳-۸۸، ۳-۸۹، ۳-۹۰، ۳-۹۱، ۳-۹۲، ۳-۹۳، ۳-۹۴، ۳-۹۵، ۳-۹۶، ۳-۹۷، ۳-۹۸، ۳-۹۹، ۳-۱۰۰، ۳-۱۰۱، ۳-۱۰۲، ۳-۱۰۳، ۳-۱۰۴، ۳-۱۰۵، ۳-۱۰۶، ۳-۱۰۷، ۳-۱۰۸، ۳-۱۰۹، ۳-۱۱۰، ۳-۱۱۱، ۳-۱۱۲، ۳-۱۱۳، ۳-۱۱۴، ۳-۱۱۵، ۳-۱۱۶، ۳-۱۱۷، ۳-۱۱۸، ۳-۱۱۹، ۳-۱۲۰، ۳-۱۲۱، ۳-۱۲۲، ۳-۱۲۳، ۳-۱۲۴، ۳-۱۲۵، ۳-۱۲۶، ۳-۱۲۷، ۳-۱۲۸، ۳-۱۲۹، ۳-۱۳۰، ۳-۱۳۱، ۳-۱۳۲، ۳-۱۳۳، ۳-۱۳۴، ۳-۱۳۵، ۳-۱۳۶، ۳-۱۳۷، ۳-۱۳۸، ۳-۱۳۹، ۳-۱۴۰، ۳-۱۴۱، ۳-۱۴۲، ۳-۱۴۳، ۳-۱۴۴، ۳-۱۴۵، ۳-۱۴۶، ۳-۱۴۷، ۳-۱۴۸، ۳-۱۴۹، ۳-۱۵۰، ۳-۱۵۱، ۳-۱۵۲، ۳-۱۵۳، ۳-۱۵۴، ۳-۱۵۵، ۳-۱۵۶، ۳-۱۵۷، ۳-۱۵۸، ۳-۱۵۹، ۳-۱۶۰، ۳-۱۶۱، ۳-۱۶۲، ۳-۱۶۳، ۳-۱۶۴، ۳-۱۶۵، ۳-۱۶۶، ۳-۱۶۷، ۳-۱۶۸، ۳-۱۶۹، ۳-۱۷۰، ۳-۱۷۱، ۳-۱۷۲، ۳-۱۷۳، ۳-۱۷۴، ۳-۱۷۵، ۳-۱۷۶، ۳-۱۷۷، ۳-۱۷۸، ۳-۱۷۹، ۳-۱۸۰، ۳-۱۸۱، ۳-۱۸۲، ۳-۱۸۳، ۳-۱۸۴، ۳-۱۸۵، ۳-۱۸۶، ۳-۱۸۷، ۳-۱۸۸، ۳-۱۸۹، ۳-۱۹۰، ۳-۱۹۱، ۳-۱۹۲، ۳-۱۹۳، ۳-۱۹۴، ۳-۱۹۵، ۳-۱۹۶، ۳-۱۹۷، ۳-۱۹۸، ۳-۱۹۹، ۳-۲۰۰، ۳-۲۰۱، ۳-۲۰۲، ۳-۲۰۳، ۳-۲۰۴، ۳-۲۰۵، ۳-۲۰۶، ۳-۲۰۷، ۳-۲۰۸، ۳-۲۰۹، ۳-۲۱۰، ۳-۲۱۱، ۳-۲۱۲، ۳-۲۱۳، ۳-۲۱۴، ۳-۲۱۵، ۳-۲۱۶، ۳-۲۱۷، ۳-۲۱۸، ۳-۲۱۹، ۳-۲۲۰، ۳-۲۲۱، ۳-۲۲۲، ۳-۲۲۳، ۳-۲۲۴، ۳-۲۲۵، ۳-۲۲۶، ۳-۲۲۷، ۳-۲۲۸، ۳-۲۲۹، ۳-۲۳۰، ۳-۲۳۱، ۳-۲۳۲، ۳-۲۳۳، ۳-۲۳۴، ۳-۲۳۵، ۳-۲۳۶، ۳-۲۳۷، ۳-۲۳۸، ۳-۲۳۹، ۳-۲۴۰، ۳-۲۴۱، ۳-۲۴۲، ۳-۲۴۳، ۳-۲۴۴، ۳-۲۴۵، ۳-۲۴۶، ۳-۲۴۷، ۳-۲۴۸، ۳-۲۴۹، ۳-۲۵۰، ۳-۲۵۱، ۳-۲۵۲، ۳-۲۵۳، ۳-۲۵۴، ۳-۲۵۵، ۳-۲۵۶، ۳-۲۵۷، ۳-۲۵۸، ۳-۲۵۹، ۳-۲۶۰، ۳-۲۶۱، ۳-۲۶۲، ۳-۲۶۳، ۳-۲۶۴، ۳-۲۶۵، ۳-۲۶۶، ۳-۲۶۷، ۳-۲۶۸، ۳-۲۶۹، ۳-۲۷۰، ۳-۲۷۱، ۳-۲۷۲، ۳-۲۷۳، ۳-۲۷۴، ۳-۲۷۵، ۳-۲۷۶، ۳-۲۷۷، ۳-۲۷۸، ۳-۲۷۹، ۳-۲۸۰، ۳-۲۸۱، ۳-۲۸۲، ۳-۲۸۳، ۳-۲۸۴، ۳-۲۸۵، ۳-۲۸۶، ۳-۲۸۷، ۳-۲۸۸، ۳-۲۸۹، ۳-۲۹۰، ۳-۲۹۱، ۳-۲۹۲، ۳-۲۹۳، ۳-۲۹۴، ۳-۲۹۵، ۳-۲۹۶، ۳-۲۹۷، ۳-۲۹۸، ۳-۲۹۹، ۳-۳۰۰، ۳-۳۰۱، ۳-۳۰۲، ۳-۳۰۳، ۳-۳۰۴، ۳-۳۰۵، ۳-۳۰۶، ۳-۳۰۷، ۳-۳۰۸، ۳-۳۰۹، ۳-۳۱۰، ۳-۳۱۱، ۳-۳۱۲، ۳-۳۱۳، ۳-۳۱۴، ۳-۳۱۵، ۳-۳۱۶، ۳-۳۱۷، ۳-۳۱۸، ۳-۳۱۹، ۳-۳۲۰، ۳-۳۲۱، ۳-۳۲۲، ۳-۳۲۳، ۳-۳۲۴، ۳-۳۲۵، ۳-۳۲۶، ۳-۳۲۷، ۳-۳۲۸، ۳-۳۲۹، ۳-۳۳۰، ۳-۳۳۱، ۳-۳۳۲، ۳-۳۳۳، ۳-۳۳۴، ۳-۳۳۵، ۳-۳۳۶، ۳-۳۳۷، ۳-۳۳۸، ۳-۳۳۹، ۳-۳۴۰، ۳-۳۴۱، ۳-۳۴۲، ۳-۳۴۳، ۳-۳۴۴، ۳-۳۴۵، ۳-۳۴۶، ۳-۳۴۷، ۳-۳۴۸، ۳-۳۴۹، ۳-۳۵۰، ۳-۳۵۱، ۳-۳۵۲، ۳-۳۵۳، ۳-۳۵۴، ۳-۳۵۵، ۳-۳۵۶، ۳-۳۵۷، ۳-۳۵۸، ۳-۳۵۹، ۳-۳۶۰، ۳-۳۶۱، ۳-۳۶۲، ۳-۳۶۳، ۳-۳۶۴، ۳-۳۶۵، ۳-۳۶۶، ۳-۳۶۷، ۳-۳۶۸، ۳-۳۶۹، ۳-۳۷۰، ۳-۳۷۱، ۳-۳۷۲، ۳-۳۷۳، ۳-۳۷۴، ۳-۳۷۵، ۳-۳۷۶، ۳-۳۷۷، ۳-۳۷۸، ۳-۳۷۹، ۳-۳۸۰، ۳-۳۸۱، ۳-۳۸۲، ۳-۳۸۳، ۳-۳۸۴، ۳-۳۸۵، ۳-۳۸۶، ۳-۳۸۷، ۳-۳۸۸، ۳-۳۸۹، ۳-۳۹۰، ۳-۳۹۱، ۳-۳۹۲، ۳-۳۹۳، ۳-۳۹۴، ۳-۳۹۵، ۳-۳۹۶، ۳-۳۹۷، ۳-۳۹۸، ۳-۳۹۹، ۳-۴۰۰، ۳-۴۰۱، ۳-۴۰۲، ۳-۴۰۳، ۳-۴۰۴، ۳-۴۰۵، ۳-۴۰۶، ۳-۴۰۷، ۳-۴۰۸، ۳-۴۰۹، ۳-۴۱۰، ۳-۴۱۱، ۳-۴۱۲، ۳-۴۱۳، ۳-۴۱۴، ۳-۴۱۵، ۳-۴۱۶، ۳-۴۱۷، ۳-۴۱۸، ۳-۴۱۹، ۳-۴۲۰، ۳-۴۲۱، ۳-۴۲۲، ۳-۴۲۳، ۳-۴۲۴، ۳-۴۲۵، ۳-۴۲۶، ۳-۴۲۷، ۳-۴۲۸، ۳-۴۲۹، ۳-۴۳۰، ۳-۴۳۱، ۳-۴۳۲، ۳-۴۳۳، ۳-۴۳۴، ۳-۴۳۵، ۳-۴۳۶، ۳-۴۳۷، ۳-۴۳۸، ۳-۴۳۹، ۳-۴۴۰، ۳-۴۴۱، ۳-۴۴۲، ۳-۴۴۳، ۳-۴۴۴، ۳-۴۴۵، ۳-۴۴۶، ۳-۴۴۷، ۳-۴۴۸، ۳-۴۴۹، ۳-۴۵۰، ۳-۴۵۱، ۳-۴۵۲، ۳-۴۵۳، ۳-۴۵۴، ۳-۴۵۵، ۳-۴۵۶، ۳-۴۵۷، ۳-۴۵۸، ۳-۴۵۹، ۳-۴۶۰، ۳-۴۶۱، ۳-۴۶۲، ۳-۴۶۳، ۳-۴۶۴، ۳-۴۶۵، ۳-۴۶۶، ۳-۴۶۷، ۳-۴۶۸، ۳-۴۶۹، ۳-۴۷۰، ۳-۴۷۱، ۳-۴۷۲، ۳-۴۷۳، ۳-۴۷۴، ۳-۴۷۵، ۳-۴۷۶، ۳-۴۷۷، ۳-۴۷۸، ۳-۴۷۹، ۳-۴۸۰، ۳-۴۸۱، ۳-۴۸۲، ۳-۴۸۳، ۳-۴۸۴، ۳-۴۸۵، ۳-۴۸۶، ۳-۴۸۷، ۳-۴۸۸، ۳-۴۸۹، ۳-۴۹۰، ۳-۴۹۱، ۳-۴۹۲، ۳-۴۹۳، ۳-۴۹۴، ۳-۴۹۵، ۳-۴۹۶، ۳-۴۹۷، ۳-۴۹۸، ۳-۴۹۹، ۳-۵۰۰، ۳-۵۰۱، ۳-۵۰۲، ۳-۵۰۳، ۳-۵۰۴، ۳-۵۰۵، ۳-۵۰۶، ۳-۵۰۷، ۳-۵۰۸، ۳-۵۰۹، ۳-۵۱۰، ۳-۵۱۱، ۳-۵۱۲، ۳-۵۱۳، ۳-۵۱۴، ۳-۵۱۵، ۳-۵۱۶، ۳-۵۱۷، ۳-۵۱۸، ۳-۵۱۹، ۳-۵۲۰، ۳-۵۲۱، ۳-۵۲۲، ۳-۵۲۳، ۳-۵۲۴، ۳-۵۲۵، ۳-۵۲۶، ۳-۵۲۷، ۳-۵۲۸، ۳-۵۲۹، ۳-۵۳۰، ۳-۵۳۱، ۳-۵۳۲، ۳-۵۳۳، ۳-۵۳۴، ۳-۵۳۵، ۳-۵۳۶، ۳-۵۳۷، ۳-۵۳۸، ۳-۵۳۹، ۳-۵۴۰، ۳-۵۴۱، ۳-۵۴۲، ۳-۵۴۳، ۳-۵۴۴، ۳-۵۴۵، ۳-۵۴۶، ۳-۵۴۷، ۳-۵۴۸، ۳-۵۴۹، ۳-۵۵۰، ۳-۵۵۱، ۳-۵۵۲، ۳-۵۵۳، ۳-۵۵۴، ۳-۵۵۵، ۳-۵۵۶، ۳-۵۵۷، ۳-۵۵۸، ۳-۵۵۹، ۳-۵۶۰، ۳-۵۶۱، ۳-۵۶۲، ۳-۵۶۳، ۳-۵۶۴، ۳-۵۶۵، ۳-۵۶۶، ۳-۵۶۷، ۳-۵۶۸، ۳-۵۶۹، ۳-۵۷۰، ۳-۵۷۱، ۳-۵۷۲، ۳-۵۷۳، ۳-۵۷۴، ۳-۵۷۵، ۳-۵۷۶، ۳-۵۷۷، ۳-۵۷۸، ۳-۵۷۹، ۳-۵۸۰، ۳-۵۸۱، ۳-۵۸۲، ۳-۵۸۳، ۳-۵۸۴، ۳-۵۸۵، ۳-۵۸۶، ۳-۵۸۷، ۳-۵۸۸، ۳-۵۸۹، ۳-۵۹۰، ۳-۵۹۱، ۳-۵۹۲، ۳-۵۹۳، ۳-۵۹۴، ۳-۵۹۵، ۳-۵۹۶، ۳-۵۹۷، ۳-۵۹۸، ۳-۵۹۹، ۳-۶۰۰، ۳-۶۰۱، ۳-۶۰۲، ۳-۶۰۳، ۳-۶۰۴، ۳-۶۰۵، ۳-۶۰۶، ۳-۶۰۷، ۳-۶۰۸، ۳-۶۰۹، ۳-۶۱۰، ۳-۶۱۱، ۳-۶۱۲، ۳-۶۱۳، ۳-۶۱۴، ۳-۶۱۵، ۳-۶۱۶، ۳-۶۱۷، ۳-۶۱۸، ۳-۶۱۹، ۳-۶۲۰، ۳-۶۲۱، ۳-۶۲۲، ۳-۶۲۳، ۳-۶۲۴، ۳-۶۲۵، ۳-۶۲۶، ۳-۶۲۷، ۳-۶۲۸، ۳-۶۲۹، ۳-۶۳۰، ۳-۶۳۱، ۳-۶۳۲، ۳-۶۳۳، ۳-۶۳۴، ۳-۶۳۵، ۳-۶۳۶، ۳-۶۳۷، ۳-۶۳۸، ۳-۶۳۹، ۳-۶۴۰، ۳-۶۴۱، ۳-۶۴۲، ۳-۶۴۳، ۳-۶۴۴، ۳-۶۴۵، ۳-۶۴۶، ۳-۶۴۷، ۳-۶۴۸، ۳-۶۴۹، ۳-۶۵۰، ۳-۶۵۱، ۳-۶۵۲، ۳-۶۵۳، ۳-۶۵۴، ۳-۶۵۵، ۳-۶۵۶، ۳-۶۵۷، ۳-۶۵۸، ۳-۶۵۹، ۳-۶۶۰، ۳-۶۶۱، ۳-۶۶۲، ۳-۶۶۳، ۳-۶۶۴، ۳-۶۶۵، ۳-۶۶۶، ۳-۶۶۷، ۳-۶۶۸، ۳-۶۶۹، ۳-۶۷۰، ۳-۶۷۱، ۳-۶۷۲، ۳-۶۷۳، ۳-۶۷۴، ۳-۶۷۵، ۳-۶۷۶، ۳-۶۷۷، ۳-۶۷۸، ۳-۶۷۹، ۳-۶۸۰، ۳-۶۸۱، ۳-۶۸۲، ۳-۶۸۳، ۳-۶۸۴، ۳-۶۸۵، ۳-۶۸۶، ۳-۶۸۷، ۳-۶۸۸، ۳-۶۸۹، ۳-۶۹۰، ۳-۶۹۱، ۳-۶۹۲، ۳-۶۹۳، ۳-۶۹۴، ۳-۶۹۵، ۳-۶۹۶، ۳-۶۹۷، ۳-۶۹۸، ۳-۶۹۹، ۳-۷۰۰، ۳-۷۰۱، ۳-۷۰۲، ۳-۷۰۳، ۳-۷۰۴، ۳-۷۰۵، ۳-۷۰۶، ۳-۷۰۷، ۳-۷۰۸، ۳-۷۰۹، ۳-۷۱۰، ۳-۷۱۱، ۳-۷۱۲، ۳-۷۱۳، ۳-۷۱۴، ۳-۷۱۵، ۳-۷۱۶، ۳-۷۱۷، ۳-۷۱۸، ۳-۷۱۹، ۳-۷۲۰، ۳-۷۲۱، ۳-۷۲۲، ۳-۷۲۳، ۳-۷۲۴، ۳-۷۲۵، ۳-۷۲۶، ۳-۷۲۷، ۳-۷۲۸، ۳-۷۲۹، ۳-۷۳۰، ۳-۷۳۱، ۳-۷۳۲، ۳-۷۳۳، ۳-۷۳۴، ۳-۷۳۵، ۳-۷۳۶، ۳-۷۳۷، ۳-۷۳۸، ۳-۷۳۹، ۳-۷۴۰، ۳-۷۴۱، ۳-۷۴۲، ۳-۷۴۳، ۳-۷۴۴، ۳-۷۴۵، ۳-۷۴۶، ۳-۷۴۷، ۳-۷۴۸، ۳-۷۴۹، ۳-۷۵۰، ۳-۷۵۱، ۳-۷۵۲، ۳-۷۵۳، ۳-۷۵۴، ۳-۷۵۵، ۳-۷۵۶، ۳-۷۵۷، ۳-۷۵۸، ۳-۷۵۹، ۳-۷۶۰، ۳-۷۶۱، ۳-۷۶۲، ۳-۷۶۳، ۳-۷۶۴، ۳-۷۶۵، ۳-۷۶۶، ۳-۷۶۷، ۳-۷۶۸، ۳-۷۶۹، ۳-۷۷۰، ۳-۷۷۱، ۳-۷۷۲، ۳-۷۷۳، ۳-۷۷۴، ۳-۷۷۵، ۳-۷۷۶، ۳-۷۷۷، ۳-۷۷۸، ۳-۷۷۹، ۳-۷۸۰، ۳-۷۸۱، ۳-۷۸۲، ۳-۷۸۳، ۳-۷۸۴، ۳-۷۸۵، ۳-۷۸۶، ۳-۷۸۷، ۳-۷۸۸، ۳-۷۸۹، ۳-۷۹۰، ۳-۷۹۱، ۳-۷۹۲، ۳-۷۹۳، ۳-۷۹۴، ۳-۷۹۵، ۳-۷۹۶، ۳-۷۹۷، ۳-۷۹۸، ۳-۷۹۹، ۳-۸۰۰، ۳-۸۰۱، ۳-۸۰۲، ۳-۸۰۳، ۳-۸۰۴، ۳-۸۰۵، ۳-۸۰۶، ۳-۸۰۷، ۳-۸۰۸، ۳-۸۰۹، ۳-۸۱۰، ۳-۸۱۱، ۳-۸۱۲، ۳-۸۱۳، ۳-۸۱۴، ۳-۸۱۵، ۳-۸۱۶، ۳-۸۱۷، ۳-۸۱۸، ۳-۸۱۹، ۳-۸۲۰، ۳-۸۲۱، ۳-۸۲۲، ۳-۸۲۳، ۳-۸۲۴، ۳-۸۲۵، ۳-۸۲۶، ۳-۸۲۷، ۳-۸۲۸، ۳-۸۲۹، ۳-۸۳۰، ۳-۸۳۱، ۳-۸۳۲، ۳-۸۳۳، ۳-۸۳۴، ۳-۸۳۵، ۳-۸۳۶، ۳-۸۳۷، ۳-۸۳۸، ۳-۸۳۹، ۳-۸۴۰، ۳-۸۴۱، ۳-۸۴۲، ۳-۸۴۳، ۳-۸۴۴، ۳-۸۴۵، ۳-۸۴۶، ۳-۸۴۷، ۳-۸۴۸، ۳-۸۴۹، ۳-۸۵۰، ۳-۸۵۱، ۳-۸۵۲، ۳-۸۵۳، ۳-۸۵۴، ۳-۸۵۵، ۳-۸۵۶، ۳-۸۵۷، ۳-۸۵۸، ۳-۸۵۹، ۳-۸۶۰، ۳-۸۶۱، ۳-۸۶۲، ۳-۸۶۳، ۳-۸۶۴، ۳-۸۶۵، ۳-۸۶۶، ۳-۸۶۷، ۳-۸۶۸، ۳-۸۶۹، ۳-۸۷۰، ۳-۸۷۱، ۳-۸۷۲، ۳-۸۷۳، ۳-۸۷۴، ۳-۸۷۵، ۳-۸۷۶، ۳-۸۷۷، ۳-۸۷۸، ۳-۸۷۹، ۳-۸۸۰، ۳-۸۸۱، ۳-۸۸۲، ۳-۸۸۳، ۳-۸۸۴، ۳-۸۸۵، ۳-۸۸۶، ۳-۸۸۷، ۳-۸۸۸، ۳-۸۸۹، ۳-۸۹۰، ۳-۸۹۱، ۳-۸۹۲، ۳-۸۹۳، ۳-۸۹۴، ۳-۸۹۵، ۳-۸۹۶، ۳-۸۹۷، ۳-۸۹۸، ۳-۸۹۹، ۳-۹۰۰، ۳-۹۰۱، ۳-۹۰۲، ۳-۹۰۳، ۳-۹۰۴، ۳-۹۰۵، ۳-۹۰۶، ۳-۹۰۷، ۳-۹۰۸، ۳-۹۰۹، ۳-۹۱۰، ۳-۹۱۱، ۳-۹۱۲، ۳-۹۱۳، ۳-۹۱۴، ۳-۹۱۵، ۳-۹۱۶، ۳-۹۱۷، ۳-۹۱۸، ۳-۹۱۹، ۳-۹۲۰، ۳-۹۲۱، ۳-۹۲۲، ۳-۹۲۳، ۳-۹۲۴، ۳-۹۲۵، ۳-۹۲۶، ۳-۹۲۷، ۳-۹۲۸، ۳-۹۲۹، ۳-۹۳۰، ۳-۹۳۱، ۳-۹۳۲، ۳-۹۳۳، ۳-۹۳۴، ۳-۹۳۵، ۳-۹۳۶، ۳-۹۳۷، ۳-۹۳۸، ۳-۹۳۹، ۳-۹۴۰، ۳-۹۴۱، ۳-۹۴۲، ۳-۹۴۳، ۳-۹۴۴، ۳-۹۴۵، ۳-۹۴۶، ۳-۹۴۷، ۳-۹۴۸، ۳-۹۴۹، ۳-۹۵۰، ۳-۹۵۱، ۳-۹۵۲، ۳-۹۵۳، ۳-۹۵۴، ۳-۹۵۵، ۳-۹۵۶، ۳-۹۵۷، ۳-۹۵۸، ۳-۹۵۹، ۳-۹۶۰، ۳-۹۶۱، ۳-۹۶۲، ۳-۹۶۳، ۳-۹۶۴، ۳-۹۶۵، ۳-۹۶۶، ۳-۹۶۷، ۳-۹۶۸، ۳-۹۶۹، ۳-۹۷۰، ۳-۹۷۱، ۳-۹۷۲، ۳-۹۷۳، ۳-۹۷۴، ۳-۹۷۵، ۳-۹۷۶، ۳-۹۷۷، ۳-۹۷۸، ۳-۹۷۹، ۳-۹۸۰، ۳-۹۸۱، ۳-۹۸۲، ۳-۹۸۳، ۳-۹۸۴، ۳-۹۸۵، ۳-۹۸۶، ۳-۹۸۷، ۳-۹۸۸، ۳-۹۸۹، ۳-۹۹۰، ۳-۹۹۱، ۳-۹۹۲، ۳-۹۹۳، ۳-۹۹۴، ۳-۹۹۵، ۳-۹۹۶، ۳-۹۹۷، ۳-۹۹۸، ۳-۹۹۹، ۳-۱۰۰۰، ۳-۱۰۰۱، ۳-۱۰۰۲، ۳-۱۰۰۳، ۳-۱۰۰۴، ۳-۱۰۰۵، ۳-۱۰۰۶، ۳-۱۰۰۷، ۳-۱۰۰۸، ۳-۱۰۰۹، ۳-۱۰۱۰، ۳-۱۰۱۱، ۳-۱۰۱۲، ۳-۱۰۱۳، ۳-۱۰۱۴، ۳-۱۰۱۵، ۳-۱۰۱۶، ۳-۱۰۱۷، ۳-۱۰۱۸، ۳-۱۰۱۹، ۳-۱۰۲۰، ۳-۱۰۲۱، ۳-۱۰۲۲، ۳-۱۰۲۳، ۳-۱۰۲۴، ۳-۱۰۲۵، ۳-۱۰۲۶،

الیومین و کلینوپروکسن است که در آنها ضرایب جدایش برای این کانی‌ها از La تا Lu چندین برابر افزایش می‌یابد. گرچه در مذاب‌های بازالتی و آندزیتی، تمام REE‌ها ناسازگار بوده و ممکن است فقط تفریق ناسازگار پیدا کنند. همچنین غلظت بالای LREE می‌تواند به دلیل درجات کم ذوب‌بخشی منشأ و یا یک منشأ غنی شده از آنها در نظر گرفته شود (Rollinson, 1993). عناصر خاکی کمیاب سنگین با برخی از لیگاندها، کمپلکس‌های نسبتاً پایداری تشکیل می‌دهند و در مقایسه با عناصر خاکی کمیاب سبک مدت زمان طولانی‌تری در محلول باقی می‌مانند (Takahashi et al., 2004). همان گونه که در نمودار بهنجار شده REE‌های سنگ‌های میزبان منطقه مشاهده می‌شود (شکل ۷) عنصر Eu دارای بی‌هنجاری منفی است. بی‌هنجاری Eu اغلب به وسیله فلدسپارها کنترل می‌شود، زیرا Eu در پلاژیوکلاز و فلدسپار پتاسیم سازگار است. بنابراین، جداشدن فلدسپار از مذاب فلسپیک چه به وسیله تفریق بلوری و چه به علت ذوب‌بخشی موجب پیدایش بی‌هنجاری منفی Eu در مذاب می‌شود (Rollinson, 1993).

۶-۳. ژئوشیمی عناصر آلومینیم، آهن، منگنز و کمیاب کانسنگ

• **نمودار مثلثی Al-Fe-Mn:** رسوبات و نهشته‌های گرمابی منگنز را می‌توان بر مبنای عناصر Al-Fe-Mn موجود در آنها از دیگر گروه‌های زایشی تفکیک کرد. این نمودار بیشتر برای کانسارهای غنی از آهن به کار می‌رود، در مورد کانسارهای غنی از منگنز فقط جای آهن و منگنز در نمودار عوض می‌شود (Marta, 1992). در شکل ۸ مشاهده می‌شود که نمونه‌های مربوط به کانسار منگنز رباط کریم در بخش گرمابی قرار گرفته و به دلیل داشتن منگنز بیشتر نسبت به آهن از قطب Fe فاصله گرفته‌اند.

• **نمودار دوتایی (Co+Ni+Cu) - (Co/Zn):** نسبت Zn به Co به نمودار دوتایی (Co+Ni+Cu) - (Co/Zn) به عنوان متمایز کننده کانه‌زایی گرمابی از آزاد مورد استفاده قرار می‌گیرد، به گونه‌ای که نسبت Co/Zn برای کانسارهای گرمابی دارای میانگین حدود ۰/۱۵ و برای کانه‌زایی آزاد ۲/۵ است (Toth, 1980). این نسبت در کانسنگ‌های منطقه مورد مطالعه بین ۰/۰۳ تا ۰/۱۱ و منطبق با کانسارهای گرمابی است (شکل ۹).

• **نمودارهای مثلثی 10×(Fe-Mn-(Ni+Co+Cu) و سه تایی Cu-Ni-Co:** مجموع غلظت عناصر Ni و Cu در مقایسه با Fe و Mn می‌تواند به عنوان یکی از شاخص‌های تفکیک انواع نهشته‌های منگنز به کار رود (Toth, 1980). گرچه‌های منگنز خصوصاً گرچه‌های مناطق پلاژیک، در مقایسه با آب‌های کم‌رُفا دارای مقدار بیشتری از عناصر Ni، Co و Cu هستند. کانسارهای گرمابی نسبت به انواع آزاد دارای مقادیر کمتری از این عناصر هستند. بر این اساس در نمودار مثلثی 10×(Fe-Mn-(Ni+Co+Cu) (شکل ۱۰) نمونه‌های کانسنگ منگنز معدن رباط کریم، در محدوده گرمابی و به دلیل بالا بودن مقدار منگنز نزدیک به قطب Mn قرار می‌گیرند. همچنین براساس نمودار مثلثی Cu-Ni-Co کانسارهای تشکیل شده توسط فرایندهای آتشفشانی و گرمابی بیشترین مقدار مس (Cu) را دارا بوده (Nicholson, 1992) و نمونه‌های منطقه مورد مطالعه نیز به علت غنی بودن عنصر Cu در محدوده کانسارهای گرمابی قرار می‌گیرند (شکل ۱۱).

• **مقایسه نمودار عناصر کمیاب در کانسارهای منگنز:** نمودارهای چند عنصری مانند Cu، Ni، Co، Pb، Zn و غیره می‌توانند برای تشخیص کانسارهای گرمابی از انواع آزاد به کار برده شوند (Choi and Hariya, 1992). غلظت عناصر جزئی در کانسارهای منگنز گرمابی زیردریایی، کمتر از کانسارهای آزاد است (Cronan, 1980). با توجه به نمودار چند عنصری ارائه شده در شکل ۱۲، کانسنگ منگنز رباط کریم در مقایسه با کانسارهای منگنز با منشأ گرمابی و آزاد، روند متفاوتی را نشان می‌دهد. در کانسارهای منگنز آزاد، به دلیل جذب سطحی کاتیون‌هایی مانند Cu، Pb، Zn، Co، Ni توسط کلویدهای اکسیدی منگنز که بار سطحی منفی دارند، تغلیظ قابل توجهی از این عناصر مشاهده می‌شود (Choi and Hariya, 1992). به نظر می‌رسد

کانسنگ رباط کریم است که عموماً به عنوان شاهدهی برای رسوب‌گذاری کلوییدی و یا رسوب‌گذاری در فضاهای باز به کار می‌رود (مقدسی، ۱۳۸۵) و از مهم‌ترین سیماهای کانه‌زایی دیرزاد (اپی ژنتیک) در منطقه است. وجود بافت نواری، همچنین رشد شعاعی- سوزنی پیرولولزیت و پسیلوملان می‌تواند ناشی از فعالیت فرایندهای گرمابی در منطقه مورد مطالعه باشد. همچنین همان گونه که در بخش‌های قبلی اشاره شد، رشد و تبلور کانی‌های کلسیت و کوارتز در فضای باز، منجر به تشکیل بافت دندان‌سگی کلسیت و تاج‌خروسی و گل‌کلمی کوارتز شده است. از دیگر بافت‌های موجود در مقاطع صیقلی می‌توان به بافت جانشینی اشاره کرد. در مقاطع مطالعه شده، آثاری از جانشینی پسیلوملان و هندلیت توسط کانی پیرولولزیت قابل مشاهده است. بافت دندریتی و بافت برشی از دیگر بافت‌های کانسنگ منگنز در منطقه به‌شمار می‌آیند. بافت دندریتی یکی از مشخصه‌های کانی منگنز است که در محیط‌های هوازده در سطح یا در تخلخل سنگ‌ها تشکیل می‌شود. بافت برشی نیز در سنگ‌های شبه برشی منطقه مشاهده می‌شود، این سنگ‌ها در اثر فشار زیاد سیال دارای منگنز خرد شده و کانی‌های منگنز در بین قطعات خرد شده و زاویه‌دار قرار می‌گیرند (شکل‌های ۴- G تا L). ویژگی‌های بافتی بیان شده و ماهیت رگه‌ای- رگچه‌ای کانی‌سازی منگنز در منطقه رباط کریم، می‌تواند از نشانه‌های کانی‌سازی گرمابی در منطقه مورد مطالعه باشد.

۶-۲. ژئوشیمی

به منظور بررسی روابط ژئوشیمیایی در سنگ میزبان و کانسنگ منگنز، ژئوشیمی برخی از عناصر اصلی، جزئی و کمیاب در زیر تشریح می‌شود.

۶-۱. **ژئوشیمی عناصر کمیاب سنگ‌های میزبان منطقه:** در نمودار عنکبوتی عناصر ناسازگار سنگ‌های آذرین منطقه مورد مطالعه که نسبت به کندریت بهنجار شده‌اند (شکل ۵)، عناصر کمیاب Sr، Ti، Nb، Yb و عناصر واسطه Cr و Ni دارای بی‌هنجاری منفی هستند (شکل ۶). در این نمودارها عناصر U، Ba، Th، La و Zr و عناصر واسطه Cu، Zn، Pb بی‌هنجاری مثبت نشان می‌دهند. به‌طور کلی، زیگراکی بودن نمودارهای عنکبوتی مربوط به سنگ‌های آذرین و وجود بی‌هنجاری منفی در عناصر Ti، Nb و Ni حاکی از قرار گرفتن منطقه مورد مطالعه در منطقه فرورانش است (Dostal et al., 2001). از سوی دیگر، غنی‌شدگی عنصر Th نیز می‌تواند محصول فعالیت فازهای سیال مرتبط با فرورانش باشد (Dostal et al., 2001). به نظر می‌رسد غلظت عناصر کمیاب توسط کانی‌های خاصی کنترل می‌شود. بی‌هنجاری منفی عنصر Sr می‌تواند به علت تفریق کانی‌های پلاژیوکلاز، فلدسپارهای قلیایی و بیوتیت موجود در سنگ‌های آتشفشانی منطقه باشد (Rollinson, 1993). احتمالاً توزیع عنصر Rb نیز توسط کانی‌های پتاسیم‌داری مانند بیوتیت و پتاسیم فلدسپار (به علت جانشینی با عنصر پتاسیم) کنترل می‌شود (معین وزیری و احمدی، ۱۳۷۷). بی‌هنجاری منفی و تهی‌شدگی عناصری مانند Ni و Cr نیز تبلور الیومین و کلینوپروکسن را در سنگ‌ها منعکس می‌سازد. بی‌هنجاری مثبت و غنی‌شدگی عناصری مانند Cu، Zn، Pb و Ba نیز می‌تواند نتیجه نفوذ سیال‌های گرمابی حاوی این عناصر به درون سنگ‌های آتشفشانی منطقه باشد (شکل ۶).

۶-۲. **ژئوشیمی عناصر کمیاب خاکی سنگ‌های میزبان منطقه:** در نمودار توزیع عناصر خاکی کمیاب (REE) سنگ‌های میزبان منطقه مورد مطالعه که نسبت به کندریت بهنجار شده است، عناصر خاکی کمیاب سبک (LREE) تفریق شدیدتری نسبت به عناصر خاکی کمیاب متوسط (MREE) و سنگین (HREE) نشان می‌دهند (شکل ۷). این روند از MREE به سمت HREE‌ها با شیب ملایم‌تری دنبال می‌شود. غنی‌شدگی عناصر خاکی کمیاب سبک نسبت به عناصر خاکی کمیاب سنگین از مشخصه‌های سنگ‌های مربوط به مناطق فرورانش است (Dostal et al., 2001). تفریق LREE نسبت به HREE ممکن است ناشی از وجود

برشی و پرشدگی فضای باز است. بافت کلو فرم کانی‌های پسیلوملان و پیرولوزیت و درهم‌رشدی کانی‌های کوارتز، اکسیدهای منگنز و کلسیت، شکل رگه‌ای کانی‌سازی منگنز رباط کریم و تزریق ماده معدنی در شکستگی‌ها و گسل‌های منطقه، دگرسانی سنگ‌های میزبان واقع در پیرامون رگه‌های معدنی به ویژه ایجاد کانی‌های رسی مانند کائولینیت و همچنین وجود کانی‌های کلسیت، کوارتز و اندکی باریت به عنوان باطله‌های خاص ذخایر اپی ترمال، می‌تواند حاکی از کانی‌سازی منگنز رباط کریم به صورت اپی ترمال باشد. مطالعه ژئوشیمی سنگ‌های میزبان منطقه به‌ویژه زیگزاگی بودن نمودارهای عنکبوتی عناصر کمیاب سنگ‌های آذرین، بی‌هنجاری منفی عناصر Ni ، Ti ، Nb و Ni ، بی‌هنجاری مثبت عنصر Th و همچنین غنی‌شدگی عناصر LREE نسبت به عناصر HREE، حاکی از تشکیل این سنگ‌ها در ارتباط با مناطق فروانش است. نمودارهای ژئوشیمیایی عناصر اصلی (Fe و Al ، Mn)، جزئی و خاکی کمیاب کانسنگ‌های منگنز منطقه رباط کریم نشان‌دهنده غنی‌شدگی منگنز توسط سیال‌های گرمابی در این نهشته است. شباهت الگوی بهنجار شده عناصر خاکی کمیاب، به‌ویژه وجود بی‌هنجاری منفی Ce و Eu در سنگ‌های میزبان و کانسنگ منگنز، حاکی از هم‌منشأ بودن سنگ‌های آتشفشانی و کانسنگ‌های منگنز منطقه مورد مطالعه است. به‌دلیل نبود داده‌های ایزوتوپی اکسیژن و هیدروژن و مطالعات میانبار سیال، امکان اظهارنظر دقیق درباره منشأ سیال‌های کانه‌ساز در منطقه مورد مطالعه ممکن نبوده، اما منشأ سیال سازنده کانسنگ‌های منگنز، می‌تواند آب‌های جوی و یا ماگمایی باشد که ضمن چرخش در سنگ‌های آتشفشانی ائوسن، منگنز و دیگر فلزها را شسته است. سیال کانه‌ساز حین چرخش و بالا آمدن از مناطق مناسب مانند گسل‌ها و شکستگی‌های عمده، کانی‌سازی کرده است و فشار زیاد سیال نیز موجب شده است که در برخی از مناطق سنگ‌های تراکیتی به سنگ‌های شبه‌برشی تبدیل شوند.

تقدیر و تشکر

این پژوهش با حمایت و پشتیبانی دانشگاه پیام نور استان تهران و اعتبار اعطا شده به شماره ۵/۴۷۲۶ مورخ ۸۶/۰۹/۰۷ انجام شده است. لذا لازم است از تمامی افرادی که به گونه‌ای در تصویب و اجرای آن نقش داشته‌اند، تشکر شود. از مدیریت محترم معدن منگنز رباط کریم نیز که امکان بازدید و نمونه‌برداری از معدن را فراهم نمودند، صمیمانه قدردانی می‌شود.

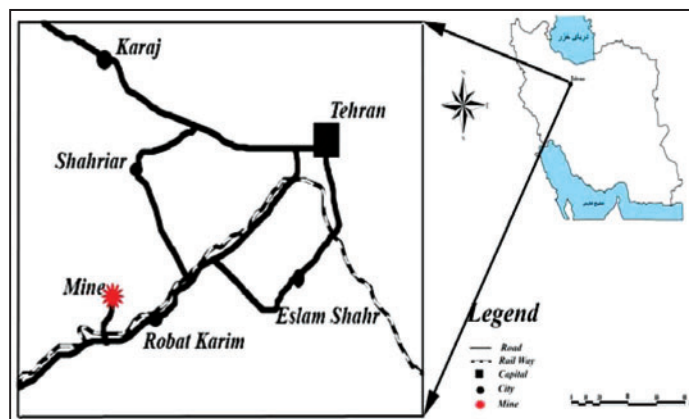
تغلیظ کانسنگ منگنز رباط کریم از این گونه عناصر با توجه به منشأ اپی ترمال آن، ناشی از فراوانی این عناصر در سیال گرمابی اولیه بوده باشد که ماهیت اکسیدی داشته و در نتیجه مانع از تشکیل سولفیدها شده است. غنی‌شدگی عناصری مانند Zn ، Cu و Pb در سنگ میزبان نیز می‌تواند نتیجه نفوذ سیال‌های گرمابی حاوی آن عناصر به داخل سنگ‌های آتشفشانی منطقه باشد (بخش ۶-۱ و شکل ۶). روند مشاهده شده در کانسار منگنز رباط کریم با مدل ارائه‌شده توسط Mosier and Campbell (1995) برای کانسارهای اپی ترمال منگنز مطابقت دارد. براساس این مدل عناصری مانند Cu ، Sr و Zn در کانسارهای اپی ترمال منگنز تغلیظ می‌شوند، اما عناصری مانند Co ، Ni و Cu توسط نهشته‌های آزاد منگنز جذب و تغلیظ می‌شوند.

۴-۶. ژئوشیمی عناصر خاکی کمیاب کانسنگ‌های منگنز منطقه

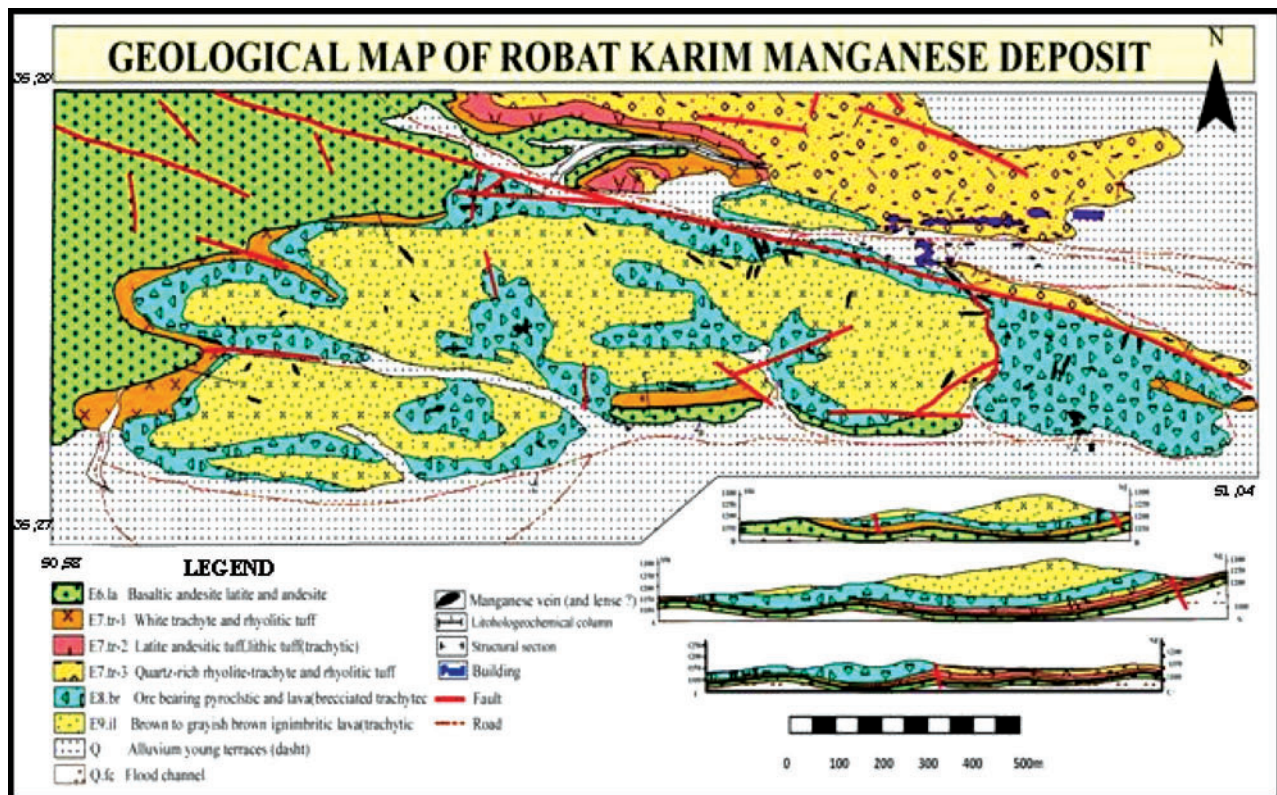
الگوی بهنجار شده عناصر خاکی کمیاب کانسنگ منگنز رباط کریم، حاکی از تفریق شدید LREE نسبت به HREE است (شکل ۱۳) که قابل مقایسه با الگوی مشاهده شده در سنگ‌های میزبان آتشفشانی منطقه مورد مطالعه است (شکل ۷). وجود بی‌هنجاری منفی Ce و Eu در سنگ‌های میزبان و کانسنگ منگنز نیز قابل توجه است. کانسارهای آزاد منگنز غنی‌شدگی نسبتاً بالایی از Ce نشان می‌دهند (شکل ۱۳)، اما کانسارهای گرمابی به‌ویژه انواع نهشته‌شده در محیط‌های دریایی دارای بی‌هنجاری منفی نسبتاً بزرگی از Ce در مقایسه با گرکهک‌های منگنز و نهشته‌های آزاد هستند (Elderfield and Greaves, 1981). مقایسه الگوی بهنجار شده عناصر خاکی کمیاب کانسنگ منگنز رباط کریم با الگوی نهشته‌های آزاد و گرمابی، شباهت بیشتر نهشته منگنز رباط کریم به نهشته‌های گرمابی را نشان می‌دهد (شکل ۱۳). وجود بی‌هنجاری منفی Ce و تشابه الگوی بهنجار شده عناصر خاکی کمیاب کانسنگ منگنز رباط کریم با الگوی مشاهده شده در سنگ‌های میزبان و دیگر کانسارهای گرمابی منگنز جهان، می‌تواند حاکی از منشأ گرمابی (اپی ترمال) نهشته مورد مطالعه باشد.

۷- نتیجه گیری

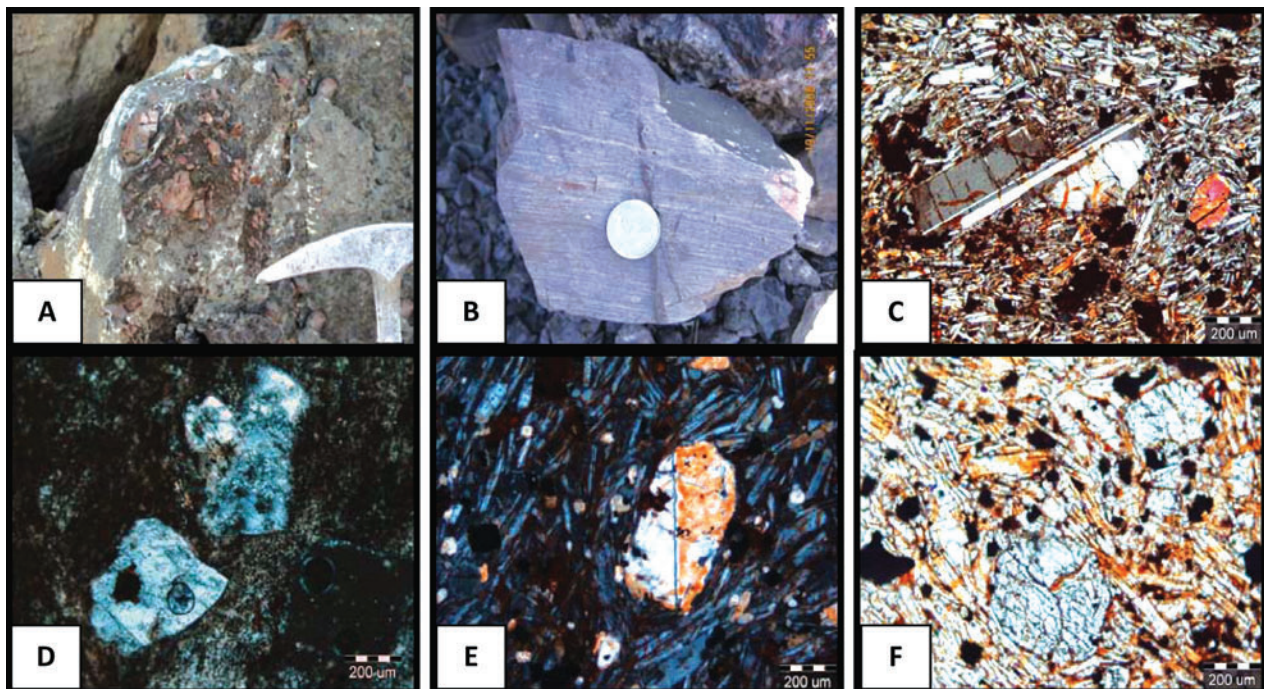
با توجه به مطالعات کانی‌شناسی، مهم‌ترین کانه‌های منگنز معدن رباط کریم شامل پیرولوزیت، پسیلوملان، هلندیت و رامزدلیت، و کانی‌های باطله شامل کلسیت و کوارتز است. کانی‌سازی اساساً رگه‌ای- رگچه‌ای بوده و بافت‌های مشاهده شده شامل بافت‌های گل‌کلمی، نواری، سوزنی و شعاعی، موزاییکی، بادبزنی، جانشینی،



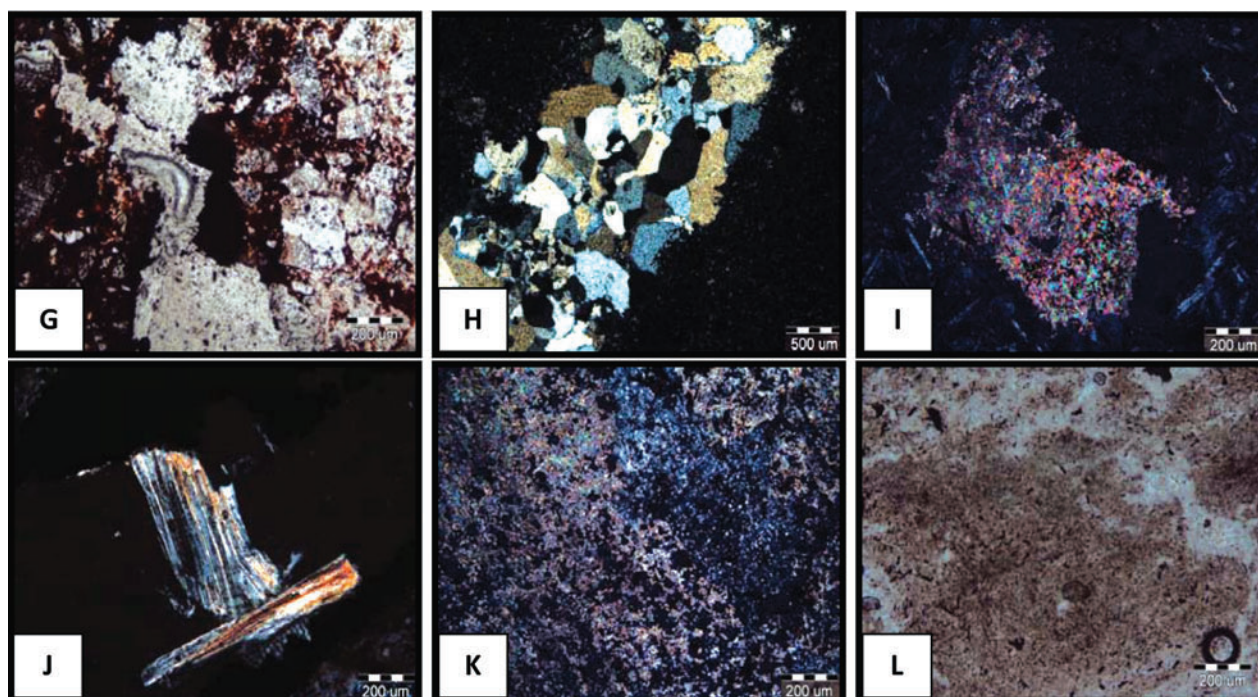
شکل ۱- راه‌های دسترسی به معدن منگنز رباط کریم.



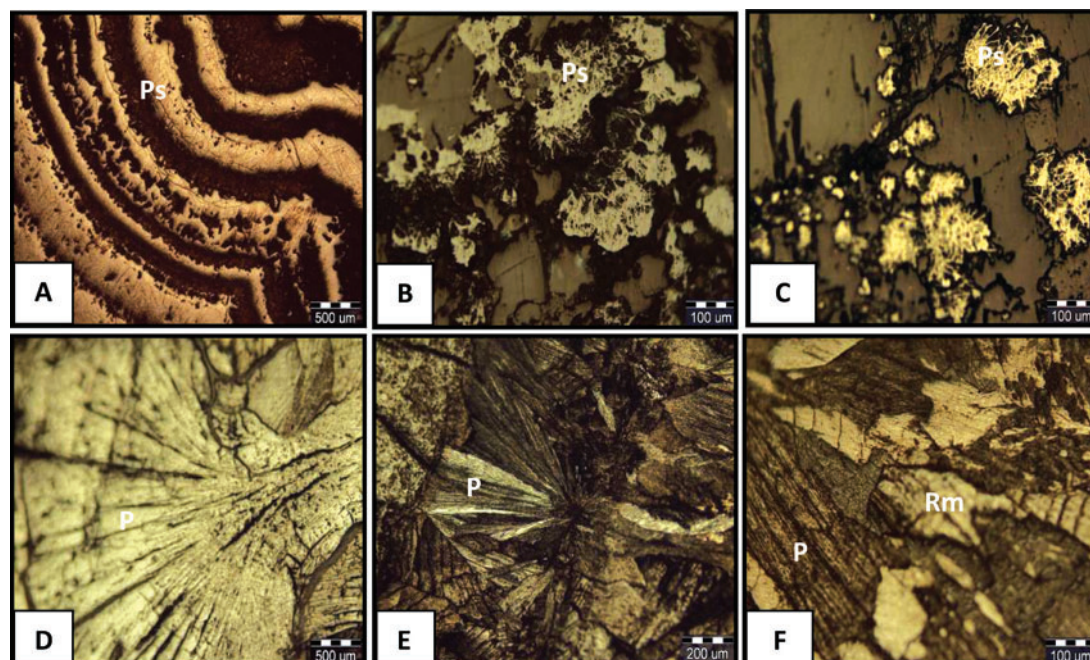
شکل ۲- نقشه زمین شناسی محدوده معدن رباط کریم (اقتباس از امیری، ۱۳۷۴)



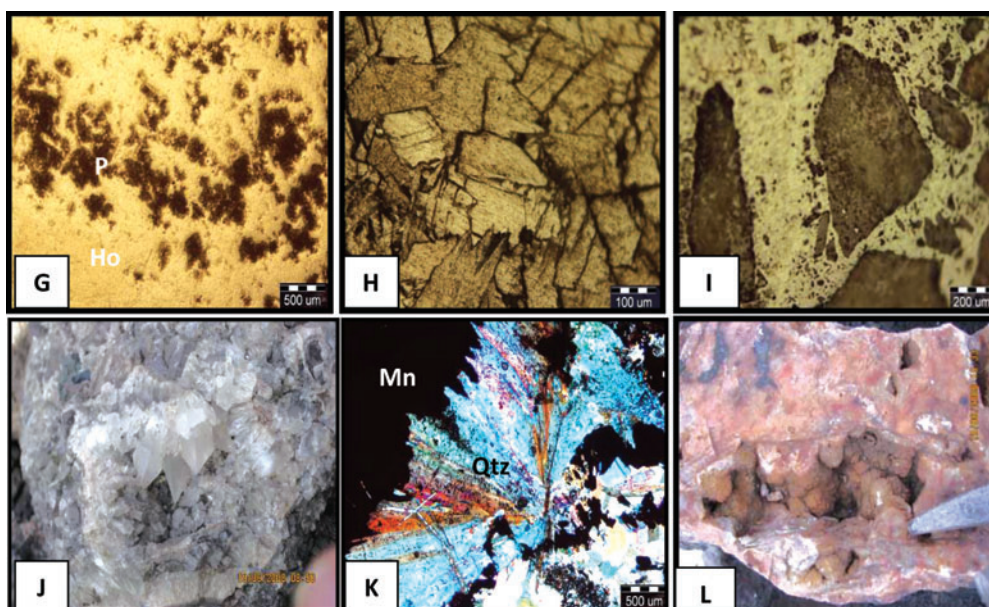
شکل ۳- (A) تصویری از سنگ های شبه برشی منطقه مورد مطالعه. (B) نمونه دستی از سنگ ایگنمبریت، زبانه های نفوذی منگنز به رنگ تیره و کوارتز به رنگ سفید در سنگ مشهود است. (C) درشت بلور پلاژیوکلاز در زمینه میکروکلین پلاژیوکلاز، بازالت. (D) درشت بلورهای فلدسپار قلیایی (سانیدین) در تراکت. (E) درشت بلور کلینوپروکسن ماکل دار در زمینه میکروکلین بازالت. (F) درشت بلور الومین همراه با کانی های کدر پراکنده در سطح سنگ بازالت.



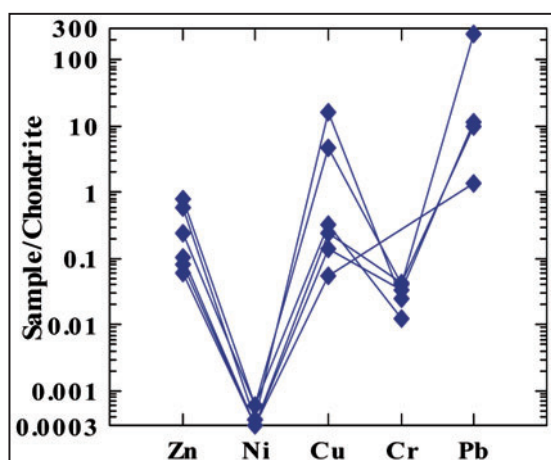
شکل ۳- (G) نفوذ سیال پرفشار گرمایی حاوی اکسید منگنز و آهن به دورن سنگ تراکیتی و تبدیل سنگ به شبه‌برش. (H) بافت موزاییکی رگه کوارتز در سنگ آندزیت بازالت. (I) تبدیل درشت‌بلور پلاژیوکلاز به کانی کلسیت. (J) تبدیل کانی بیوتیت به کلریت در سنگ تراکیت. (K) دگرسانی فراگیر سریسیت در زمینه سنگ، حاصل تبدیل پلاژیوکلاز به سریسیت. (L) دگرسانی رسی به صورت فراگیر در توف. (تصاویر C, D, E, H, I, J و K در نور عبوری پلاریزه متقاطع و تصاویر F, G و L در نور عبوری پلاریزه ساده گرفته شده است).



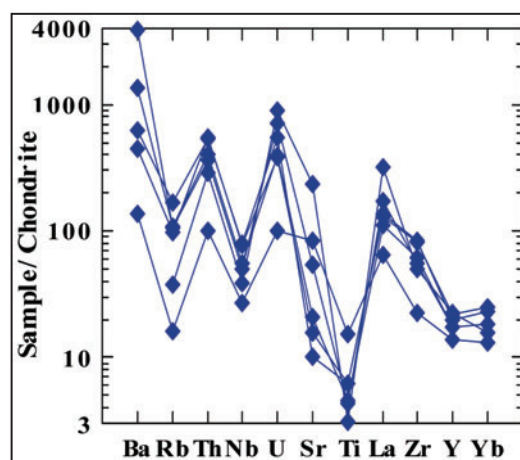
شکل ۴- (A) بافت نواری کانی پسیدولمان (Ps). (B) بافت گل کلمی کانی پسیدولمان، (C) رشد شعاعی - سوزنی کانی پسیدولمان، (D) رشد دسته علفی بلورهای پیرولوژیت (P)، (E) رشد شعاعی، سوزنی بلورهای پیرولوژیت، (F) میانبارهای رامزدلیت (Rm)، در زمینه‌ای از کانی پیرولوژیت،



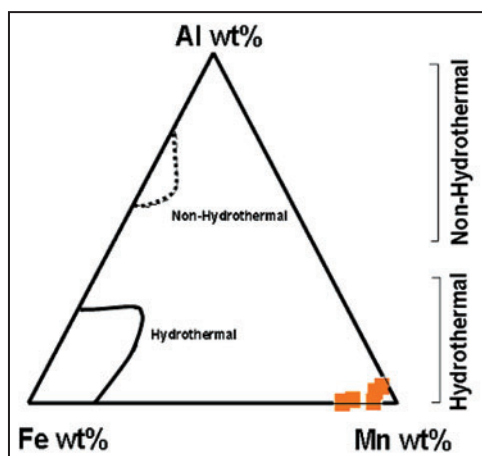
شکل ۴- G) جایگزینی کانی هلندیت (Ho) به وسیله بلورهای ریزدانه پیرولولزیت، H) بافت موزاییکی کانی پیرولولزیت. I) بافت برشی، کانی پیرولولزیت در اطراف قطعات سنگ شبه‌برش. J) نمونه دستی از بافت دندان‌سگی در کانی کلسیت، K) بافت تاج‌خروسی کوارتز که در زمینه‌ای از کانی منگنز رشد کرده است، L) نمونه دستی از کانی کوارتز با بافت گل‌کلمی. (تصاویر A تا I در نور بازتابیده پلاریزه ساده و تصویر K در نور عبوری پلاریزه متقاطع گرفته شده است).



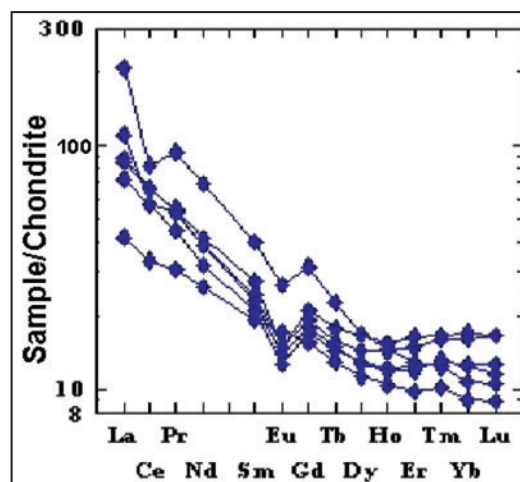
شکل ۶- نمودار عنکبوتی برخی از عناصر واسطه مربوط به سنگ‌های میزبان منطقه، بهنجار شده نسبت به کندریت (Taylor and McLennan, 1985)



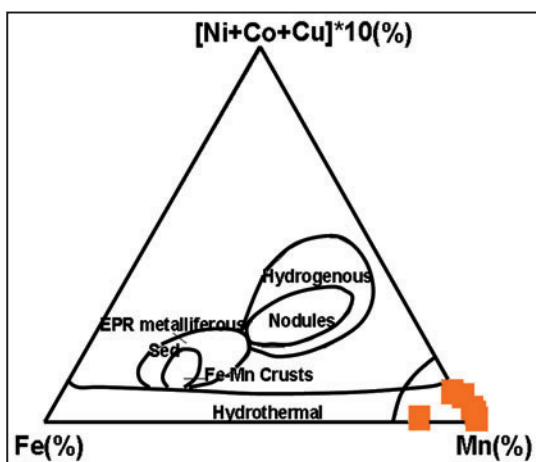
شکل ۵- نمودار عنکبوتی برخی از عناصر کمیاب مربوط به سنگ‌های منطقه، بهنجار شده نسبت به کندریت (Taylor and McLennan, 1985)



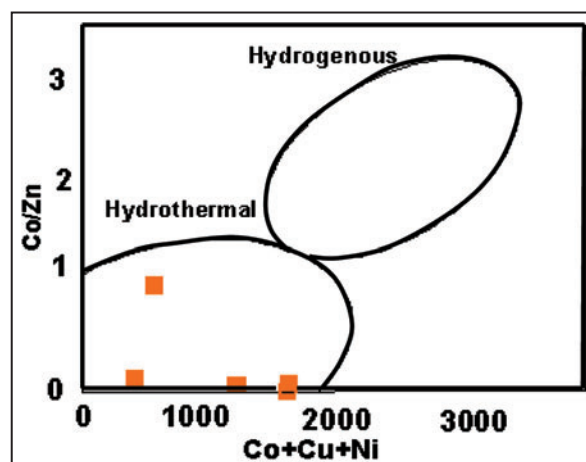
شکل ۸- موقعیت نمونه‌های کانسنگ منگنز رباط کریم در نمودار Al-Fe-Mn (Adachi et al., 1986)



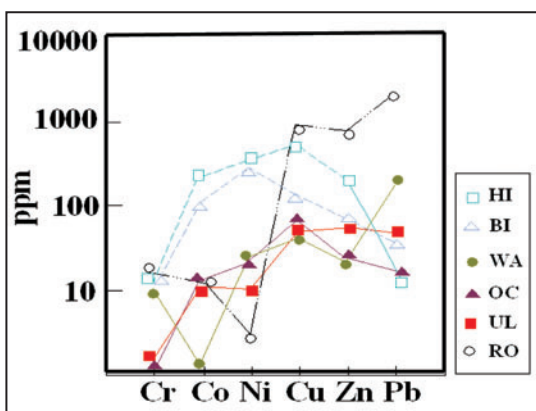
شکل ۷- الگوی عناصر خاکی کمیاب سنگ‌های میزبان معدن رباط کریم، بهنجار شده نسبت به کندریت (Taylor and McLennan, 1985).



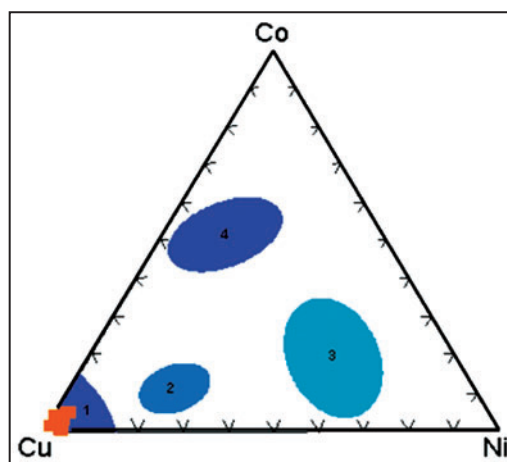
شکل ۱۰- موقعیت نمونه‌های کانسنگ منگنز رباط کریم در نمودار (Nicholson, 1992) $\text{Fe-Mn-(Ni+Co+Cu)} \times 10$.



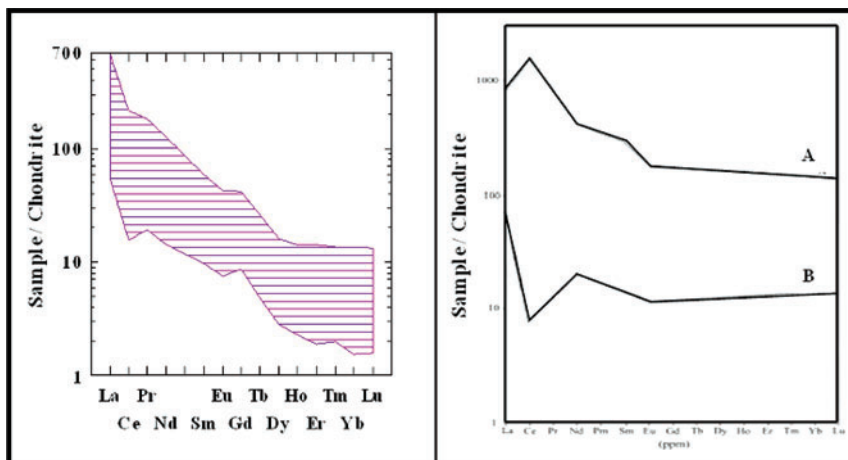
شکل ۹- موقعیت نمونه‌های کانسنگ منگنز رباط کریم در نمودار (Toth, 1980) $(\text{Co/Zn}) - (\text{Co+Ni+Cu})$.



شکل ۱۲- نمودار چندعنصری کانسارهای مختلف منگنز جهان و رباط کریم. کانسارهای آزاد شامل HI: Hinode, BI: Binkilic و کانسارهای گرمایی شامل Choi and Hariya, 1992, UL: Ulukent, OC: Ocakli, WA: Wakasa. (Gultekin, 1998). RO مربوط به کانسار منگنز رباط کریم است.



شکل ۱۱- موقعیت نمونه‌های کانسنگ منگنز رباط کریم در نمودار سه تایی (Nicholson, 1992) Ni-Cu-Co . (۱) نهشته‌های گرمایی، (۲) نهشته‌های آتشفشان‌زاد، (۳) گرهک‌های منگنز و (۴) نهشته‌های رسوبی.



شکل ۱۳- مقایسه الگوی عناصر خاکی کمیاب کانسنگ منگنز رباط کریم با کانسارهای آزاد و گرمایی - زیر دریایی. نمودار سمت چپ: کانسنگ‌های منگنز رباط کریم که نسبت به کاندريت (Taylor and McLennan, 1985) بهنجار شده است. نمودار سمت راست: (A) گرهک‌های منگنز و کانسارهای آزاد منگنز، (B) کانسارهای گرمایی زیر دریایی (Choi and Hariya, 1992).

جدول ۱- نتایج تجزیه شیمیایی نمونه‌های سنگ میزبان آتشفشانی و کانسنگ منگنز معدن رباط کریم. نمونه‌های 12A و 54 مربوط به سنگ‌های شبه‌برشی، 13 تراکیت، 14 ریولیت، 41 بازالت و 49 تراکیت هستند.

	Volcanic Rocks						Manganese Ores					
	12A	13	14	41	49	54	11	12B	27A	28	30B	32
Major Elements (%)												
SiO ₂	63.93	68.2	75.9	51	69.1	41.3	39.23	1.13	0.33	0.53	36.23	0.65
Al ₂ O ₃	9.82	13.95	10.5	17.95	14.35	8.43	7.94	0.15	<0.01	<0.01	0.03	<0.01
Fe ₂ O ₃	2.21	2.63	2.18	10.1	2.47	3.25	1.52	0.11	0.05	0.19	19.6	0.13
CaO	0.33	0.34	0.49	8.79	1.01	1.87	2.56	20.09	0.48	0.48	0.88	0.52
MgO	0.07	0.05	0.06	3.77	0.06	0.05	0.04	0.16	<0.01	<0.01	0.04	<0.01
Na ₂ O	0.59	0.64	0.56	2.97	3.06	2.34	0.97	<0.01	0.03	<0.01	<0.01	<0.01
K ₂ O	7.34	11.15	7.81	1.45	7.37	3.66	5.1	0.3	0.18	0.16	0.01	0.28
Cr ₂ O ₃	0.02	0.02	0.02	0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
TiO ₂	0.32	0.46	0.34	1.14	0.46	0.26	0.26	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
MnO	11.13	0.04	0.47	0.17	0.05	30.34	33.6	53.54	83.8	82.8	28.11	80.72
P ₂ O ₅	0.11	0.09	0.05	0.27	0.06	0.06	0.06	<0.01	0.09	0.037	0.02	0.01
SrO	0.05	0.01	0.02	0.07	0.01	0.23	0.12	1.24	0.49	0.49	0.3	0.9
BaO	1.07	0.17	0.37	0.04	0.12	2.87	0.6	7.15	3.28	3.38	9	5.53
LOI	2.70	0.49	1.37	2.05	1.07	4.5	7.66	15.9	10.9	11.66	5.5	11
Total	99.69	98.2	100	99.8	99.2	99.2	99.67	99.81	99.67	99.8	99.75	99.80
Trace Elements (ppm)												
Ag	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	2	<1	<1	<1	<1
Ba	9460	1500	3280	326	1085	>10000	4910	>10000	>10000	>10000	>10000	>10000
Co	3.3	0.8	1.4	29.7	1.4	7.4	3.7	24.9	12.5	11.8	6.4	21.3
Cr	160	130	170	50	<1	100	10	10	10	10	20	60
Cs	2.08	1.96	2.47	2.27	1.06	0.9	1.29	0.31	0.03	0.14	0.6	0.21
Cu	802	24	40	55	9	2680	1620	441	1630	3210	552	1210
Ga	15.9	15.2	11.5	22	16.5	26.4	23.3	28	42.8	40.5	20.9	40.9
Hf	5.7	8.5	6.6	2.6	8.6	5.2	4.3	0.3	<0.2	0.2	<0.2	0.2
Mo	34	7	7	2	3	31	12	327	118	108	65	137
Nb	12.4	19.7	13.8	6.6	19.1	9.5	4.5	0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Ni	10	5	5	10	<5	6	7	6	<5	<5	7	9
Pb	879	41	36	<5	5	>10000	5080	3020	>10000	>10000	120	1160
Rb	245	390	251	37.2	226	86.6	161	5.9	2.8	3.1	1.1	4.6
Sn	1	3	2	1	2	2	2	<1	<1	<1	<1	<1
Sr	388	73.1	152	607	113.5	1685	904	8540	3150	3220	2140	6720
Ta	0.9	1.3	0.9	0.4	1.5	0.5	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Th	10.55	15.4	11.6	2.88	15.75	8.43	7.81	0.32	0.05	0.23	<0.05	<0.05
Tl	4.6	2.1	1	0.6	2.1	18.9	20.2	69.2	31.0	25.4	1.1	93.9
U	5.66	4.36	3.14	0.8	3.04	7.24	10.15	12.9	17.20	20.1	1.27	29.7
V	128	24	19	298	21	381	237	838	238	891	6	596
W	12	8	9	3	72	15	1	1	1	1	75	1
Y	27	34.1	27.1	21.8	31.4	35	26.3	5.3	10.8	21.5	9.5	19.5
Zn	366	28	49	111	37	271	1060	1540	1710	2780	55	2230
Zr	214	316	240	86	324	194	139	10	3	9	8	8

	Volcanic Rocks						Manganese Ores					
	12A	13	14	41	49	54	11	12B	27A	28	30B	32
Rare Earth Elements (ppm)												
Ce	55.1	62.5	54.2	31.9	63.8	78.5	47.9	9.6	60.3	133.5	19.1	33
Dy	4.82	6.35	4.9	4.27	5.49	6.42	4.04	0.71	2.35	3.95	1.31	3.53
Er	2.95	4.08	3.09	2.44	3.67	3.19	2.37	0.31	1.11	1.69	0.91	1.29
Eu	1.20	1.30	1.10	1.50	1.30	2.32	1.1	0.54	1.07	1.63	0.44	1.63
Gd	5.51	6.43	5.24	4.67	5.58	9.69	5.14	1.82	1.79	7.41	1.79	8.51
Ho	1.01	1.3	1.03	0.89	1.21	1.24	0.81	0.13	0.41	0.64	0.31	0.56
La	40.6	31	26.3	15.3	32.1	75	45.3	32.7	112.5	163.5	12.9	96.5
Lu	0.44	0.63	0.48	0.34	0.63	0.4	0.34	0.04	0.13	0.15	0.17	0.1
Nd	27.4	29.4	22.9	18.5	27.4	49.3	27.7	12.3	37.2	57.8	6.6	58.3
Pr	7.18	7.47	6.07	4.26	7.31	12.8	7.47	3.42	12.20	17.35	1.85	15.3
Sm	5.3	6.34	4.86	4.47	5.57	9.32	4.85	1.66	4.88	6.77	1.51	9.1
Tb	0.86	1.03	0.83	0.75	0.9	1.31	0.73	0.18	0.49	0.82	0.25	0.98
Tm	0.47	0.59	0.46	0.36	0.57	0.44	0.35	0.05	0.13	0.17	0.15	0.27
Yb	3.08	4.2	3.15	2.25	3.96	2.66	2.33	0.26	0.79	1.0	0.84	0.69

کتابنگاری

آرین، م. ع.، ۱۳۷۰- پتروگرافی و پترولوژی سنگ‌های آتشفشانی منطقه رباط کریم، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم تهران.
 امیری، ع.، ۱۳۷۴- مطالعه زمین‌شناسی، کانی‌شناسی و عوامل کنترل‌کننده تشکیل و تمرکز ماده معدنی در کانسار منگنز رباط کریم، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.
 امیری، ع. و شفیعی بافتی، ا.، ۱۳۷۹- نقش کنترل ساختاری در تشکیل رگه‌های معدنی در کانسار منگنز رباط کریم، چهارمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه تبریز
 روان‌بد، ب.، ۱۳۶۶- مطالعه متالوژنی کانسار منگنز رباط کریم از دیدگاه ژئوشیمی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
 معین‌وزیری، ح. و احمدی، ع.، ۱۳۷۷- پترولوژی و پتروگرافی سنگ‌های آذرین، انتشارات دانشگاه تربیت معلم.
 مقدسی، س. ج.، ۱۳۸۵- مینرالوگرافی (کانه‌نگاری). انتشارات دانشگاه پیام نور، ۲۴۰ صفحه.

References

- Adachi, M., Yamamoto, K., and Sugisaki, R., 1986- Hydrothermal chert and associated Siliceous rocks from the northern pacific: Their geological significations indication of ocean ridge activity: sed. Geology, V_47: 125-148.
- Choi, J. H., Hariya, Y., 1992- Geochemistry and depositional environment of Mn oxide deposits in Tokoro belt, northeastern Hokkaido, Japan. Econ. Geol., V.87: 1265-1274.
- Cronan, D. S., 1980- Underwater minerals: London. Academic press. P. 362.
- Dostal, J., Church, B. N., Reynolds, P. H. and Hopkinson, L., 2001- Eocene volcanism in the Buck Creek basin, central British Columbia (Canada): transition from arc to extensional volcanic. J. Volcano. Geothermal. Res., 107: 149-170.
- Elderfield, H., Greaves, M. J., 1981- Negative Cerium anomalies in the rare earth element patterns of oceanic ferromanganese nodules. Earth planet. Sci. Let., V. 55. P.163-170.
- Gultekin, A. H., 1998- Geochemistry and Origin of the Oligocene Binkilic Manganese Deposit; Thrace Basin, Turkey. Tr. Jr. of Earth Sciences. V. 7. P.11-23.
- Marta, J. K., 1992- Geochemistry and origin of the Bald knob manganese deposit, North Carolina, Eco. Geol., V. 87: 2035-2040.
- Mosier, D. L., and Campbell, D. L., 1995- Epithermal Mn Deposits. In: du Bray, E.A. (Editor), Preliminary compilation of descriptive geoenvironmental mineral deposit models, U.S. Geological Survey, Denver, Colorado, Open-File Report 95-831, p. 170-173
- Nicholson, K., 1992 -. Contrasting mineralogical-geochemical signatures of manganese oxides; Guides to metallo genesis, Economic Geology. 87, P.1253-1264 .
- Pracejus, B., 2008- The Ore minerals under the microscope: an optical guide, Elsevier. 875 p
- Rollinson, H. R., 1993- Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation. Longman Scientific & Technical, 351 p.
- Takahashi, Y., Tada, A., Shimizu, H., 2004- Distribution of pattern of rare earth ions between water and montmorillonite and its relation to the sorbet species of the ions. Analytical Sciences 20,P.1301-1306.
- Taylor, S.R. and McLennan, S.M., 1985- The continental crust: its composition and evolution, Black well, Oxford.
- Toth, J.R., 1980. Deposition of Submarine cherts rich in manganese and iron. Geol. Soc.of Am. Bull., V.91: 44-54.

the lithologic units, alteration, geophysical and geochemical results, tectonics, and copper mineralization. As a accurate decision can have a considerable effect on exploration plans, so in this research efforts have been made to make use of new combination methods including index overlay method, fuzzy logic method, and the analytical hierarchy process. These three methods support and complement each other and have revealed highly potential copper and gold mineralization areas. Among these methods, Analytical hierarchy process is the best method for combining the exploration data in this area. The investigations (for instance field evidences of outcrops, mineralization and also sampling of 7 trenches) carried out in the study area confirm this matter. Based on achieved results, geological perspective in central of studied area is appropriate for continuing mining exploration, especially for subsurface exploration in future.

Key words: Porphyry, Dali, Index overlay Method, Fuzzy logic method, Analytical hierarchy process.

For Persian Version see pages 49 to 58

*Corresponding author: S. Yousefifar; E-mail: s.yousefifar@srbiau.ac.ir

The Pabdeh-Asmari Boundary Facies in Kuh e-Asmari Section :Evidence for Unconformable Ruplian-Chattian Boundary in Iran

H. Amin-Rasouli ^{1*}, Y. Lasemi ², M. Ghomashi ³, S. Zaheri ⁴

¹Dept. of Geosciences, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

² Illinois State Geological Survey, Champaign, Illinois, USA

³Department of Geology, Sistan and Baluchestan University, Zahedan, Iran

⁴Administer Education of Sanandaj, Sanandaj, Iran

Received: 2009 June 17

Accepted: 2010 September 28

Abstract

The uppermost layers of the Pabdeh Formation in Kuh e-Asmari section consist of microbial (tufa and stromatolite) facies interpreted to have been deposited in a lacustrine environment. These deposits are unconformably overlain by basal anhydrite and transitional zone of the Asmari and Pabdeh Formations. The transitional zone is correlated with the lower Asmari (with a basal unconformity or correlative conformity) in the Gachsaran No. 31 and Aghajari No. 61 wells and in Kuh e-Mish, Shahzadeh Abdullah, Tang-Sorgh and Rag-Sefid surface sections. Therefore the basal anhydrite and transitional zone should be considered as a part of the Asmari Formation. The drastic facies change near the Pabdeh and Asmari contact is due to thrust-loading, relative sea-level changes and climatic variations close to Ruplian-Chattian boundary.

Keywords: Pabdeh Formation, Asmari Formation, Kuh e-Asmari, Ruplian, Chattian

For Persian Version see pages 59 to 66

*Corresponding author: H. Aminrasouli; E-mail:h.aminrasouli@uok.ac.ir

Study of Mineralogy and Geochemistry of Manganese Ore and Host Rocks of the Robat Karim Manganese Deposit, Southwest Tehran

S. J. Moghaddasi^{1*} & Y. Negahban¹

¹Department of Geology, Payame Noor University, Tehran, Iran.

Received: 2010 January 16

Accepted: 2010 October 05

Abstract

Robat Karim manganese deposit is located in 7 km northwest of Robat Karim (southwest of Teharan), within northeastern margin of Orumiye-Dokhtar volcanic belt. Based on regional geology, the studied area is situated in the northern Saveh Eocene volcanic assemblage, composed of rhyolite, trachyte, andesite and basalt. Manganese mineralization is occurred as veins, in faults, joints and fractures that crosscut the volcanic rocks. According to mineralogical studies, the manganese ore of the studied area is composed of pyrolusite, psilomelane, ramsdellite and

hollandite, as well as calcite and quartz. Intergrowths of manganese oxides and quartz (or calcite) associated with various open space filling textures support the epithermal origin of the ore forming fluids in this area. Geochemistry of major and trace elements in Robat Karim manganese ores, similarity of their chondrite normalized REE pattern with volcanic host rocks and other hydrothermal manganese deposits of the world, as well as negative Ce anomaly indicate a probable epithermal origin of the deposit. Ore forming fluids could be originated from meteoric and/or magmatic waters circulating through Eocene volcanic rocks, dissolve manganese and other metals and deposit them in fault planes and major fractures. High pressure of the ore forming fluid has caused the formation of brecciated trachyte.

Keywords: Mineralogy, Geochemistry, Rare earth elements, Manganese, Robat Karim.

For Persian Version see pages 67 to 76

*Corresponding author: S. J. Moghaddasi; E-mail: sjmoghad@pnu.ac.ir

Fracture System of Kopet-Dagh Fold Belt, NE Bojnurd

F. Ghaemi^{1*} and F. Ghaemi²

¹ Geology Department, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

² Geology Department, Faculty of Science, Islamic Azad University of Mashhad, Mashhad, Iran.

Received: 2009 December 16

Accepted: 2010 October 03

Abstract

The Northern Khorasan is one of important active tectonics area. The main faults are strike slip (dextral and sinistral) and minor faults are thrust faults. Many of thrust faults are older than strike-slip faults and some of them are younger and are active now. It is because of bending of strike-slip faults that converts, them into thrust faults. We recognized active faults based on their characteristics. In this area we have two series of tensile joints and two series of shear joints. Principal stresses have the following attitudes: ($\delta_1 = N9^\circ E, 5^\circ$)-($\delta_2 = S1^\circ W, 86^\circ$)-($\delta_3 = N81^\circ W, 1^\circ$) Strikslip faults can be sympathetic. For example the 1997 Bojnurd earthquake on the Yekke-shakh fault affects Baba-aman and Gharlegh faults.

Keywords: Strike-Slip Fault, Thrust Fault, Bojnurd, Sympathetic Faults, Active Fault, Joint, Fault Zone.

For Persian Version see pages 77 to 86

*Corresponding author: F. Ghaemi; E-mail: farzinmail@yahoo.com

Structural Mechanisms of the Quaternary Basalts in Bijar Area, West of Iran

G. Maleki^{1*}, A. Saeedi¹, M.H. Emami¹, M. Kheirkhah¹

¹ Research Institute for Earth Sciences, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

Received: 2010 May 29

Accepted: 2010 October 09

Abstract

In Sanandaj-Sirjan zone a vast outcrops of volcanic rocks, which founded as high terraces, are covered the Pre-Quaternary rocks. The volcanic rocks are appeared in different shapes and morphological features. Based on the Zagros geodynamical evolution, mentioned rocks assumed to be Post-Collisional, that are formed in an extensional system with a NW-SE trend. Three studied complexes in this paper are Ahmadabad, Tahmures and Nadri. The structural investigation of three the sites are complementary data to the geochemical analysis. In this regards, structural investigation done in those 3 mentioned sites. Studied faults shows different trends and age. Mechanism of faults are normal, and their age are either Post-basalt or syn-basalt, that is, Contemporaneous with the last deposition of late-Miocene marls. The age of the oldest faults is late-Miocene, before basalt intrusion.

Keywords: Contamination, Assimilation, Gneiss, Alkali Basalt, Volcanic, Quaternary

For Persian Version see pages 87 to 96

*Corresponding author: G. Maleki; E-mail: Maleki.geologist@yahoo.com